

# SEMICONDUCTOR PRESSURE SENSOR, ITS MANUFACTURE THEREOF AND TACTILE SENSATION SENSOR

Publication number: JP7115209 (A)

Publication date: 1995-05-02

Inventor(s): SAKATA MINORU; KAWABATA TATSUHIKA

Applicant(s): OMRON TATEISI ELECTRONICS CO

Classification:

- International: G01L5/00; G01L9/00; G01L9/04; H01L21/3063; H01L29/84; G01L5/00; G01L9/00; G01L9/04; H01L21/02; H01L29/66; (IPC1-7): H01L29/84; G01L5/00; G01L9/04; H01L21/3063

- European:

Application number: JP19930284327 19931018

Priority number(s): JP19930284327 19931018

Abstract of JP 7115209 (A)

**PURPOSE:** To provide a very small semiconductor pressure sensor, which has an excellent mechanical reliability and an excellent temperature stability at high sensitivity. **CONSTITUTION:** The peripheral part of a diaphragm 2 is supported with an Si substrate 1. Piezoelectric resistors 5 comprising bulk Si are formed on the diaphragm 2. Dielectric isolating layers 4 comprising SiO<sub>2</sub> films are formed at the peripheral part of the diaphragm 2. A pressure chamber 3 is formed under of the diaphragm 2. With respect to the pressure chamber 3 and the dielectric isolating layers 4, a p<sup>+</sup>-Si region is formed on the p<sup>+</sup>-Si substrate 1 by ion implantation. Then, a current is made to flow in HF aqueous solution, and a part of the p<sup>+</sup>-Si region is changed into the porous Si region. The current density is further increased, and the residual p<sup>+</sup>-Si region undergoes electrolytic etching. Thus, the pressure chamber 3 is formed. Furthermore, the porous Si region is thermally oxidized and changed into an SiO<sub>2</sub> region. Thus, the dielectric isolating layers 4 are formed.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-115209

(43) 公開日 平成7年(1995)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/84		B 9278-4M		
G 0 1 L 5/00	1 0 1	Z		
9/04	1 0 1			
H 0 1 L 21/306				
			H 0 1 L 21/306	L
			審査請求 未請求 請求項の数13	F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-284327

(22) 出願日 平成5年(1993)10月18日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 坂田 稔

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 川畑 達央

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

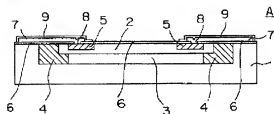
(74) 代理人 弁理士 中野 雅房

(54) 【発明の名称】 半導体圧力センサ及びその製造方法並びに触覚センサ

(57) 【要約】

【目的】 機械的信頼性が高く、高感度で温度安定性に優れた超小型の半導体圧力センサを低コストで作成する。

【構成】 ダイヤフラム2をS i 基板1にその周辺部を支持させ、ダイヤフラム2上にパルクS i からなるピエゾ抵抗5を形成する。ダイヤフラム2の周辺部にはS i O<sub>2</sub>膜からなる誘電分離層4を形成し、ダイヤフラム2下面には圧力室3を形成する。この圧力室3及び誘電分離層4は、イオン注入によりp - S i 基板1にp'領域21を形成した後、HF水溶液中にて電流を流すことにより、p'領域21の一部を多孔質S i 領域30に変化させ、さらに電流密度を上げて残ったp'領域21を電解エッチングすることにより圧力室3を形成する。さらに、多孔質S i 領域30を熱酸化させてS i O<sub>2</sub>領域に変化させ、誘電分離層4を形成する。



(2)

特開平 7-115209

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単結晶シリコンからなる薄膜状のダイヤフラムをシリコン基板上に支持させて、前記ダイヤフラムに単結晶シリコンからなるビエゾ抵抗を埋め込み、酸化膜によって前記ダイヤフラムと前記シリコン基板とを誘電分離したことを特徴とする半導体圧力センサ。

【請求項 2】 前記ダイヤフラムに圧力を導入するための導入口を前記シリコン基板の下面に設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 3】 前記ダイヤフラムの電位を一定に保持したことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 4】 前記ビエゾ抵抗を設けた領域のダイヤフラムの厚さを、他の領域のダイヤフラムの厚さよりも薄く作成したことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 5】 前記シリコン基板上にダイヤフラムの変位を制限するためのストッパを設けたことを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 6】 前記ビエゾ抵抗に温度補償用手段あるいはオフセット調整手段を有する抵抗値検出回路を備えたことを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 7】 前記ダイヤフラムにセルフチェック機能のためのヒータを設けたことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 又は 6 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 8】 前記ヒータを 1 個又は 2 個以上の円環状に配設したことを特徴とする請求項 7 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 9】 第 1 の導電型シリコン基板表面に高濃度の第 1 の導電型領域を形成し、前記高濃度の第 1 の導電型領域内のダイヤフラムを形成しようとする領域に第 2 の導電型領域を形成し、さらに前記第 2 の導電型領域内にビエゾ抵抗である第 1 の導電型領域を形成する第 1 の工程と、

露出した前記高濃度の第 1 の導電型領域を除く前記第 1 の導電型シリコン基板表面にレジスト膜を形成する第 2 の工程と、

H<sub>2</sub>F 水溶液中で前記シリコン基板に腐食を渡し、前記高濃度の第 2 の導電型領域のうち酸化膜を形成しようとする領域を多孔質化し、残る高濃度の第 2 の導電型領域を電解エッチングして圧力室を形成する第 3 の工程と、多孔質化された領域を熱酸化して酸化膜を形成する第 4 の工程を有することを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 10】 前記第 3 の工程において H<sub>2</sub>F 水溶液の替りにパフファ酸を用いることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 11】 前記第 4 の工程が、酸化温度が 450℃以下、第 1 の酸化工程と酸化温度が 800℃以上の第

2

2 の酸化工程とからなることを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 12】 前記多孔質化する領域の空隙率を 40～60% とすることを特徴とする請求項 9、10 又は 11 に記載の半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 13】 請求項 1、2、3、4、5、6、7 又は 8 に記載の半導体圧力センサを 2 次元的に配列し、配列した前記半導体圧力センサの全面に弾性膜を形成したことを特徴とする触覚センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体圧力センサ及びその製造方法、並びに触覚センサに関する。具体的には、空気等の流体の圧力を検出するための超小型の半導体圧力センサ及びその製造方法、並びに当該半導体圧力センサを応用した触覚センサに関する。

【0002】

【従来の技術とその問題点】 図 14 (a) は従来の半導体圧力センサを示す一部切断した平面図、(b) はその断面図、(c) はその一部拡大した断面図であって、圧力センサ 1 はシリコン基板 101 に窒化シリコン (SiN) からなるカバー 102 が重ねられ、カバー 102 の周辺部はシリコン基板 101 に接合されている。カバー 102 の中央には薄膜状の円形をしたダイヤフラム 103 が形成され、カバー 102 の内面にはダイヤフラム 103 がその厚さ方向に揺動自在に変位できるように圧力室 104 が形成されている。ダイヤフラム 103 の下面にはポリシリコンからなるビエゾ抵抗 106 が形成されている。しかし、空気等の流体がダイヤフラム 103 に加えられると、加えられた空気等の圧力によりダイヤフラム 103 がその厚さ方向に変位する。ダイヤフラム 103 が変位するとダイヤフラム 103 に形成されたビエゾ抵抗 106 に歪みが生じてその抵抗値が変化する。この抵抗値をビエゾ抵抗 106 に A 1 などの金属配線 107 によって接続された抵抗値検出回路 (図示せず) 等により検出することにより導入された空気等の圧力を知ることができる。

【0003】 また、図 15 (a) (b) は別な従来例である半導体圧力センサを示す平面図及びその断面図であって、シリコン基板 111 上に薄膜状をしたポリシリコンからなるカバー 112 が重ねられている。また、カバー 112 の中央には薄膜状のダイヤフラム 113 が形成されている。基板 111 の内面にはダイヤフラム 113 が揺動自在に変位できるように圧力室 114 が形成されている。また、ダイヤフラム 113 の上面にはポリシリコンからなるビエゾ抵抗 115 がダイヤフラム 113 の四方形に形成されていて、さらにパッシベーション膜 116 により覆われている。ビエゾ抵抗 115 はパッシベーション膜 116 に開口されたコンタクトホール 117 を通じて金属配線 118 に接続され、さらに金属配線 11

(3)

特開平7-115209

3

8を介して接続された抵抗値検出回路等によってピエゾ抵抗115の抵抗値の変化を検出することにより、圧力センサJに導入された空気等の圧力を知ることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】これらの半導体圧力センサJや圧力センサJにおいては、ダイヤモンドは窒化シリコンやポリシリコンから作成されているために疲労やクリープが発生しやすく、使用時間の経過とともに圧力センサの感度や線形性に变化を生じていた。このため、センサ特性が安定せず機械的な信頼性に乏しかった。

【0005】また、ポリシリコンを用いたピエゾ抵抗は、単結晶シリコンを用いたピエゾ抵抗と比較してゲージ率（歪み量に対する抵抗変化の割合）が小さく、これら従来例の圧力センサのようにポリシリコンを用いてピエゾ抵抗を形成した圧力センサの感度は低いものとなっていた。

【0006】さらに、ポリシリコンを用いたピエゾ抵抗の抵抗温度係数（TCR）は単結晶シリコンを用いたピエゾ抵抗に比べて大きいので、温度による抵抗値変化が大きい。このため、ポリシリコンを用いてピエゾ抵抗を形成した圧力センサの温度特性が悪かった。

【0007】また、図16にはさらに別な従来例である圧力センサKの断面図を示す。この圧力センサKは、2枚の単結晶シリコンウエハが貼り合わせられたのち、上側のシリコンウエハでシンニングプロセスによってピエゾ抵抗121が形成され、さらに下側のウエハ125にはエッチストップ層が形成されたのち電気化学エッチング（ECF）法を用いてダイヤモンド122が精度よく形成されている。ピエゾ抵抗121には、金属配線123が接続されており、ダイヤモンド122、ピエゾ抵抗121及び金属配線123の表面にはパッシベーション膜124が形成されている。

【0008】このような圧力センサKにおいては、ピエゾ抵抗121及びダイヤモンド122は単結晶シリコンから作成されているため圧力センサJ、Jのようにセンサ感度や温度特性が悪いことや機械的信頼性に欠けるといような欠点はない。しかし、ECF法を用いて形成することのできるダイヤモンドの厚さは5 $\mu$ m程度にしかならないため、圧力センサが大きくなってしまいという欠点があった。また、単結晶シリコンウエハを2枚用いなければならない。しかも複雑な作製プロセスを経なければならなかったため、その作製コストが高くなっていた。

【0009】本発明は以上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、機械的信頼性や感度が高く、しかも良好な温度特性をもちコストの低い超小型の半導体圧力センサを提供することにある。

【0010】

4

【課題を解決するための手段】本発明の超小型半導体圧力センサは単結晶シリコンからなる薄膜状のダイヤモンドをシリコン基板に支持させて、前記ダイヤモンドに単結晶シリコンからなるピエゾ抵抗を埋め込み、酸化膜によって前記ダイヤモンドと前記シリコン基板とを誘電分離したことを特徴としている。また、前記ダイヤモンドに圧力を導入するための導入口を当該シリコン基板の下面に設けることとしてもよい。

【0011】また、ダイヤモンドの電位を一定に保ったり、ピエゾ抵抗を設けた領域のダイヤモンドの厚さを他の領域のダイヤモンドの厚さより薄く作成してもよい。さらに、ダイヤモンドの変位を制限するためのストップを基板に設けることとしてもよい。

【0012】さらに、ピエゾ抵抗に温度補償用手段あるいはオフセット調整手段が付加された抵抗値検出回路を備えることとしてもよい。

【0013】また、セルフチェック機能のためのヒータを設けることとしてもよく、1個又は2個以上の円環状に配設することとしてもよい。

【0014】また、本発明の超小型半導体圧力センサの製造方法は、第1の導電型シリコン基板表面に高濃度の第1の導電型領域を形成し、前記高濃度の第1の導電型領域内のダイヤモンドを形成しようとする領域に第2の導電型領域を形成し、さらに前記第2の導電型領域内にピエゾ抵抗である第1の導電型領域を形成する第1の工程と、露出した前記高濃度の第1の導電型領域を除く前記第1の導電型シリコン基板表面にレジスト膜を形成する第2の工程と、HF水溶液中で前記シリコン基板に電流を流し、前記高濃度の第2の導電型領域のうち酸化膜を形成しようとする領域を多孔質化し、残る高濃度の第2の導電型領域を電解エッチングして圧力室を形成する第3の工程と、多孔質化された領域を熱酸化して酸化膜を形成する第4の工程を有することを特徴としている。また、前記第3の工程においてHF水溶液の替りにパッファ弗酸を用いることとしてもよい。

【0015】また、酸化温度が450℃以下の第1の酸化工程と酸化温度が800℃以上の第2の酸化工程から多孔質化された領域を熱酸化することとしてもよい。また、多孔質化する領域の多孔度を40～60％とすることとしてもよい。

【0016】本発明の触覚センサは、本発明の半導体圧力センサを2次元的に配列し、配列した前記半導体圧力センサの全面を膜で覆ったことを特徴としている。

【0017】

【作用】本発明の半導体圧力センサにおいては、ダイヤモンド及びピエゾ抵抗は単結晶シリコンで作成されているため、機械的強度が強く長期間の使用でもセンサ特性が安定し、機械的な信頼性を向上させることができる。また、単結晶シリコンのゲージ率が高いために圧力センサの感度を高めることができる。さらに、抵抗温度係数

(4)

特開平7-115209

5

が小さいため温度による抵抗値の変化を少なくできるもので、温度安定性を向上させることもできる。

【0018】また、本発明においては、ピエゾ抵抗をイオン注入法によりダイアフラムに埋め込んだ後、その周囲の領域をHF水溶液またはパフア弗酸中で多孔質シリコン化し、さらに、多孔質シリコン化された領域の内周縁を電解エッチングすることによってダイアフラムを作成することができる。したがって、従来例のエレクトロケミカルエッチングに比べてダイアフラムを薄く作成することができ、簡単に、小型で機械的信頼性が高い半導体圧力センサを製造することができる。

【0019】また、多孔質シリコン化された領域を熱酸化することによって酸化膜を形成し、ピエゾ抵抗とシリコン基板とを誘電分離することもできる。従って、ピエゾ抵抗とシリコン基板とが酸化膜により誘電分離され、高温（約150℃以上）でもピエゾ抵抗とシリコン基板との間にリーク電流が流れることがなく、高温環境下での使用が可能になる。

【0020】しかも、ピエゾ抵抗をダイアフラムに埋め込んでいるので、従来の圧力センサのように2枚のシリコン基板を必要とせず、1枚のシリコン基板から作製することができるので、コストも安価にすることができる。

【0021】また、ダイアフラムを一定の電位に保つことにより、安定したピエゾ抵抗の抵抗値が得られ、圧力センサの検出精度を小さくすることができる。

【0022】さらに、ピエゾ抵抗を設ける領域のダイアフラムの厚さを他の領域のダイアフラムの厚さよりも薄くすれば、小さな圧力でも大きなダイアフラムの変位を生じることになり、さらに圧力センサの感度を向上させることができる。

【0023】また、温度補償用手段あるいはオフセット調整手段を抵抗値検出回路に有しているため、温度変化による検出精度を小さくすることができ、抵抗値検出回路のオフセット値を調整することができる。

【0024】また、シリコン基板にダイアフラムの変位を制限するためのストップを設けておけば、過大な圧力が導入された場合でもダイアフラムの破壊を防ぐことができる。

【0025】さらに、ダイアフラム上にセルフチェック機能のためのヒータを備えておくと、圧力センサの異常を容易に発見することができ、センサの信頼性を高めることができる。例えば、ヒータを1又は2以上の円環状に配置することとしてもよい。

【0026】また、シリコン基板の下面に圧力導入口を設けることにより、機械的信頼性に高く、高感度で温度安定性に優れた差圧式の超小型の圧力センサを提供することができる。

【0027】本発明の触覚センサは、本発明の半導体圧力センサが2次的に配列されているので、機械的信頼

6

性がよく、高感度で温度特性の優れた小型の触覚センサを低コストで提供することができる。また、構成単位の圧力センサが非常に小さいので、触覚センサの解像度を向上させることができる。

【0028】

【実施例】図1は本発明の一実施例である超小型の半導体圧力センサAを示す断面図である。圧力センサAは単結晶シリコンからなるS1基板1の中央に薄膜状のダイアフラム2が支持されて、ダイアフラム2がその厚さ方向に自由に弾性変形できるように圧力室3がダイアフラム2下面のS1基板1に形成されている。ダイアフラム2の上面上には、例えば図1に示すように4つのピエゾ抵抗5が埋め込まれている。また、ダイアフラム2及び圧力室3の周辺領域にはS1O<sub>2</sub>膜からなる誘電分離層4が形成されていて、この誘電分離層4によりダイアフラム2及びピエゾ抵抗5はS1基板1から完全に誘電分離されている。S1基板1、ダイアフラム2及びピエゾ抵抗5の表面は窒化シリコン（Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）からなるパッシベーション膜6によって覆われており、パッシベーション膜6の上に形成されたA1の金属配線7はパッシベーション膜6に開口したコンタクトホール8を通してピエゾ抵抗5に電気的に接続されている。この上にさらにS1Nからなる別なパッシベーション膜9が形成されている。また、図示しないが金属配線7には、ピエゾ抵抗5の抵抗値の変化を検出するための抵抗値検出回路が接続されている。

【0029】しかし、圧力センサAに空気等の圧力が導入されると、導入された圧力によりダイアフラム2がその厚さ方向に弾性変形する。ダイアフラム2が弾性変形すると、ダイアフラム2上のピエゾ抵抗5が歪み、その歪みに応じてピエゾ抵抗5の抵抗値が変化する。ピエゾ抵抗5の抵抗値が変化すると、金属配線7を通して接続された抵抗値検出回路の出力端子の両端に電位差を生じ、生じた電位差を検出することにより当該圧力センサAに導入された空気等の圧力の大きさを知ることができる。

【0030】この圧力センサAにおいては、ダイアフラム2及びピエゾ抵抗5ともに単結晶シリコンから作成されているために機械的強度が高く、疲労が少なくクリープも発生しにくい。したがって、長期の使用にも耐え、圧力センサの使用に伴ってセンサの特性が劣化することがなく、耐久性に優れたものである。

【0031】また、ピエゾ抵抗5は単結晶シリコンで作成されているので、センサの感度も高く、温度変化によっても感度が安定している。さらに、S1基板1とピエゾ抵抗5との間にはS1O<sub>2</sub>膜による誘電分離層4が形成されているので、S1基板1へのリーク電流が少なく、150℃以上の高温環境下での使用も可能である。

【0032】次に本発明の圧力センサAの製造方法について説明する。図2(a)～(k)に示すものは、上記

(5)

特開平7-115209

7

圧力センサAの製造方法を示す断面図であって、以下、図2に従って詳細に説明する。まず、単結晶シリコンからなるp<sup>+</sup>-S i 基板(シリコンウエハ) 1の1個分のセンサ形成領域においては、図2(a)に示すように、S i 基板1の表面の誘電分離層4並びに圧力室3を形成しようとする領域にp型イオンをイオン注入してp<sup>+</sup>領域21を形成し、p<sup>+</sup>領域21内のダイアフラム2を形成しようとする領域にn型イオンを注入してn領域22を形成し、さらにn領域22内のピエゾ抵抗5を形成しようとする領域にp型イオンをイオン注入してp領域23を形成する。また、p-S i 基板1の裏面にp型ドーパントを拡散させてp<sup>+</sup>領域24を形成する。ここで、このp<sup>+</sup>領域24は多孔質シリコン及び圧力室形成時の裏面側コンタクト層となるのである。

【0033】次にS i 基板1裏面のp<sup>+</sup>領域24の表面に多孔質シリコン及び圧力室形成時の電極となるA1薄膜25を形成する(図2(b))。次にS i 基板1表面の全面にレジスト膜26を形成し、パターニングによって当該レジスト膜26のp<sup>+</sup>領域21と接する部分に意20

図2(c)。また、S i 基板1裏面のA1薄膜25をレジスト等などのカバー28で覆い、この後に行なう多孔質シリコン及び圧力室形成時に使用するH<sub>2</sub>F水溶液からの保護を行なうとともに、A1薄膜25に接続させた配線29をカバー28より引き出しおく(図2(d))。この配線29は、多孔質シリコン及び圧力室形成時の電流をS i 基板1に流すためのものである。

【0034】このようにして作成されたS i 基板1をH<sub>2</sub>F(フッ化水素)水溶液中に浸漬し、Pt電極を対向電極(図示せず)として、S i 基板1を陽極に、対向電極を陰極にして対向電極とS i 基板1裏面のp<sup>+</sup>領域24間に電流を流すと、図2(e)に示すようにS i 基板1表面のp<sup>+</sup>領域21の外周部が徐々に多孔質S i 領域30に変化する。このとき、多孔質S i 領域30の多孔質シリコンの空孔度(多孔質S i 領域30の体積に対する空孔の割合)が40~60%となるまで電流を流す。

【0035】この後引き続き電流密度を増加していくと、多孔質S i 領域30の内周部にあるまだ多孔質化されていないp<sup>+</sup>領域21がエッチングされて空隙を生じ、圧力室3が形成される。こうしてp<sup>+</sup>領域21の一部がエッチングされてn領域22にダイアフラム2が形成される(図2(f))。

【0036】図3にH<sub>2</sub>F濃度及びS i 基板に流された電流密度とS i 基板が多孔質化される場合又は電解エッチングされる場合との関係について示しているが、図3中の線イより下の領域(領域1)のH<sub>2</sub>F濃度及び電流密度の条件下においてはS i 基板1は多孔質化され、線ロより上の領域(領域2)のH<sub>2</sub>F濃度及び電流密度の条件下においてはS i 基板1は電解エッチングされる。なお、線イと線ロとの間の領域は遷移領域である。例えば、図

8

3のA点に示した濃度のH<sub>2</sub>F水溶液中においてA点の電流密度となるようにS i 基板1と対向電極との間に電流を流すと、図4(a)に示すように意27を通して一部がH<sub>2</sub>F水溶液中露出しているp<sup>+</sup>領域21に裏面コンタクト層となるp<sup>+</sup>領域24から電流が流れてその一部が多孔質シリコンに変化し、多孔質S i 領域30が形成される。

【0037】次に電流密度を上げて、図3中のB点に示した電流密度の電流を流すと多孔質化されていないp<sup>+</sup>領域21はエッチングされる。このとき、多孔質S i 領域30はほとんどキャリアを持たないためエッチングされず、図4(b)に示すようにS i 基板1の中央のp<sup>+</sup>領域21がエッチングされて空隙を生じ、圧力室3が形成される。なお、ピエゾ抵抗5であるp領域23はレジスト膜26でカバーされているため、裏面のコンタクト層であるp<sup>+</sup>領域24からH<sub>2</sub>F水溶液中に流れる電流の経路にはならないので、多孔質化せずエッチングもされない。

【0038】ついで、図2(g)に示すようにS i 基板1表面のレジスト膜26とS i 基板1裏面のカバー28及び配線29を取り除き、S i 基板1表面にSiNによる一時的なパッシベーション膜31を設けた後、TMAH(テトラメチルアンモニウムハイドロキシド)によるエッチングによってS i 基板1裏面のA1薄膜25とコンタクト層であるp<sup>+</sup>領域24を取り除く。次に、パッシベーション膜31にS i 基板1表面の多孔質S i 領域30と接する部分に意を開口し、酸素あるいは水蒸気を含む酸化性雰囲気中で、最初は450℃以下で高温処理し、その後処理温度を上昇させ800℃以上で処理し、多孔質S i 領域30を熱酸化させると、図2(h)に示すように、S i 基板1に埋め込まれている多孔質S i 領域30はS i O<sub>2</sub>領域32に変化し、誘電分層側4となる。このとき、多孔質S i 領域30の酸化速度は結晶性その他のS i 領域の酸化速度よりも100~1000倍大きいので、多孔質S i 領域30のみが酸化されS i O<sub>2</sub>領域32が形成されることになる。また、この過程において圧力室3内が減圧され、減圧された圧力室3内の圧力を基準圧力とすることができ、

【0039】次に、S i 基板1の表面にSiNによるパッシベーション膜6を形成し、図2(i)に示すように当該パッシベーション膜6のピエゾ抵抗5(p領域23)と接する部分の一部にコンタクトホール8を開く。そして、図2(j)に示すように、パッシベーション膜6の上にA1によって所定の金属配線7を形成すると共にコンタクトホール8を通して金属配線7とピエゾ抵抗5とを電気的に接続する。さらに、図2(k)に示すように、この上からSiNを堆積させることによって金属配線7保護用のパッシベーション膜9を形成し、パッシベーション膜9をパターニングして金属配線7の電極パッドとなる部分でコンタクトホール(図示せず)を

(6)

特開平 7-115209

9

開口し、パッシベーション膜9を焼成し、圧力センサAを製作する。

【0040】この製造方法によれば、HF水溶液中における多孔質Si形成プロセス、多孔質Si酸化プロセス、HF電解エッチングプロセスを組み合わせることにより、Si基板1にパルクSiのピエゾ抵抗5、ダイアフラム2及びSiO<sub>2</sub>からなる誘電分離層4を形成することができ、機械的信頼性がよく、高感度で、良好な温度特性を持つ超小型の半導体圧力センサAを製作することができる。

【0041】また、従来例のように2枚のSi基板を必要とせず、その接合やシンニング等の工程も必要ないので、圧力センサAのコストを安価にすることができる。

【0042】なお上述の製造方法において、HF水溶液中における多孔質Si形成プロセス、多孔質Si酸化プロセス、HF電解エッチングプロセスにおいては電圧によってプロセス制御を行ってならず、配線29とSi基板1のp<sup>+</sup>領域24（コンタクト層）との接続抵抗は必ずしも低い必要はなく、また再現性がなくてもよい。このため、直接Si基板1のコンタクト層であるp<sup>+</sup>領域24に配線29を接続することにもよく、図2(b)に示した配線29接続用のA1薄膜25の作成を省略することもできる（合わせて、形成したA1薄膜25をエッチングによって取り除く工程（図2(g)）も省略することができる）。

【0043】また、HF水溶液の替わりにHF+NH<sub>4</sub>F水溶液等のバッファ弗酸を用いたBOE（バッファ・オキシサイド・エッチング）によって、多孔質Si形成、HF電解エッチングを行うこととしてもよい。

【0044】また、以上の製造方法においてはp<sup>+</sup>-Si基板を用いた製造方法について説明したが、n<sup>+</sup>-Si基板を用いて同様にして圧力センサAを製造することもできる。図5にn<sup>+</sup>-Si基板41を用いた圧力センサAの製造方法について示す。まず、図5(a)に示すように、単結晶シリコンよりなるn<sup>+</sup>-Si基板（シリコンエウハ）41の表面の誘電分離層4並びに圧力室3を形成しようとする領域にn型イオンをイオン注入してn<sup>+</sup>領域42を形成し、n<sup>+</sup>領域42内のダイアフラム2を形成しようとする領域にp型イオンを注入してp領域43を形成し、さらにp領域43内のピエゾ抵抗5を形成しようとする領域にn型イオンをイオン注入してn領域44を形成する。また、n<sup>+</sup>-Si基板1の裏面にn型イオンを拡散させてn<sup>+</sup>領域45を形成する。

【0045】次にSi基板1裏面のn<sup>+</sup>領域45の表面に多孔質シリコン及び圧力室形成時の電極となるA1薄膜25を形成し（図5(b)）、その後、図2に示した製造方法と同様にして圧力センサAを製造することができる（図5(c)～(k)）。

【0046】図6は、本発明の別な実施例である圧力センサBを示す断面図である。圧力センサBのSi基板1

10

には、Si基板1裏面から圧力室3に圧力を導入するための差圧導入口10がエッチング等により開口されている。このように、Si基板1に差圧導入口10を設けることにより、差圧式の圧力センサBを簡単に製造することもできる。

【0047】図7は、本発明のさらに別な実施例である圧力センサCの一部破断した断面図である。ダイアフラム2の上には別なイオン注入が施されてドーピング部12が形成されており、別なコンタクトホール13を通してパッシベーション膜6上に形成された別な金属配線11に接続されている。また、金属配線11上には別なパッシベーション膜9が金属配線7及びダイアフラム2上に形成されている。このドーピング部12には別な金属配線11から電圧が印加され、ダイアフラム2の電位が一定に保たれている。このように、ダイアフラム2の電位を一定に保つことにより、ピエゾ抵抗5の感度を安定させることができ、ノイズに影響されず感度の安定した圧力センサCを作成することができる。

【0048】図8はさらに別な実施例である圧力センサDの断面図であって、ダイアフラム2の厚さはピエゾ抵抗5が形成された領域において、他の領域よりも薄く作成されている。このようにピエゾ抵抗5が形成された領域の厚さを薄く作成することにより、小さな圧力に対してもピエゾ抵抗5の抵抗値が大きく変化し、さらに圧力センサDの感度を向上させることもできる。

【0049】図9にさらに別な実施例である圧力センサEの断面図を示すが、第2の実施例である差圧式の圧力センサBのダイアフラム2の外周部において、Si基板1からダイアフラム2の上部に突出させるようにしてSi基板1上面にストッパ15を設けている。このストッパ15は、例えば、圧力センサEの表面保護用のパッシベーション膜9の上面にP SG（Phospho-Silicate Glass）からなる犠牲層を設け、犠牲層の上部にポリシリコンによって所定の形状にストッパ15を形成したのち、犠牲層をHF水溶液などのHF系のエッチング液によりエッチング除去することにより作成することができる。このようにストッパ15を設けておく、ダイアフラム2が大きく変形した時、ダイアフラム2がストッパ15に当たることによってそれ以上の変形を制限されるので、例えば差圧導入口10より過大な圧力が導入されても、ダイアフラム2の変位量が制限され、ダイアフラム2が破壊するのを防止することができる。

【0050】図10に示すものは本発明の圧力センサEの抵抗検出回路の等価回路の一例を示すものであって、ダイアフラム2の四辺に形成された4つのピエゾ抵抗5と1つのオフセット調整用抵抗16によってブリッジ回路を形成しており、4つのピエゾ抵抗5の何れか1つのピエゾ抵抗5と並列にして温度補償用抵抗17が挿入されている。例えば、これらのオフセット調整用抵抗16と温度補償用抵抗17はダイアフラム2の変形によ

(7)

特開平7-115209

11

り影響を受けないようにS1基板1の表面に形成されている。このブリッジ回路からなる抵抗値検出回路では、入力端子間に定電流Iが供給されていて、出力端子間の電圧Vを検出することによりピエゾ抵抗5の抵抗値の変化を検出できる。

【0051】この検出回路にあっては、ピエゾ抵抗5がダイアフラム2の変位によって抵抗値を受けない場合には、温度が変化しても温度補償用抵抗17によりブリッジ回路の出力が変化しないようになっている。また、オフセット調整用抵抗16を調整することにより、ダイアフラム2の変位が0の場合に出力が0となるようにオフセット量を調整することができる。

【0052】図11にはセルフチェック機能が付加された本発明のさらに別な実施例である圧力センサDの一部破断された平面図を示す。ダイアフラム2上には4つのピエゾ抵抗5を挟むようにして対角線状に2本のヒータ18、18が設けられている。これらのヒータ18に配線19から一定の電流を流すことによりダイアフラム2に一樣に熱が加わり、4つのピエゾ抵抗5の抵抗値が同じようになり、例えばダイアフラム2に破損があってヒータ18が断線していればヒータ18には電流が流れず、ダイアフラム2の破損を知ることができる。あるいはダイアフラム2の温度上昇に偏りを生じ、圧力センサDに圧力を印加していない場合(変位=0)であっても4つのピエゾ抵抗5の抵抗値のバランスがくずれ出力端子間に電位差を生じたり、あるいは、オフセット調整用抵抗16や温度補償用抵抗17の抵抗値の調整量が大きくなるため、圧力センサDの異常を検知することができる。

【0053】また、図12に示すものはセルフチェック用の別なヒータ18が設けられた圧力センサGを示す一部破断した平面図である。円形状にしたダイアフラム2には、円環状に2本のヒータ18、18が配設されている。ヒータ18は円環状に1個配設してもよく、あるいは、本実施例のように同心円状に2重の円環状もしくはそれ以上の多重の円環を描くように配設してもよい。もちろん、3本以上のヒータ18を配設することでもよい。このように、円形状にヒータ18を配設することによりダイアフラム2全面に均一に熱を分布させることができ、より確実に圧力センサGの異常を検出することができる。

【0054】図13(a)(b)は、本発明の一実施例である触覚センサHを示す平面図及びその断面図であって、触覚センサHは圧力センサAがガラス等の基板36上に多数アレイ状に配置され、配置された圧力センサAの表面全体に可撓性のエラストマによる弾性膜35が重ねられている。この弾性膜35の下面から圧力が加えられると、弾性膜35の弾性変形により圧力センサAに圧力が印加される。印加された圧力は圧力センサAにより検知された後、個々の圧力センサAのセンサ信号を処理

12

することによって、触覚センサHに印加された圧力分布を知ることができる。

【0055】

【発明の効果】本発明の半導体圧力センサにあっては、ダイアフラム及びピエゾ抵抗は単結晶シリコンで作成されているため、機械的強度が強く長期間の使用でもセンサ特性が安定し、機械的な信頼性を向上させることができる。また、単結晶シリコンのゲージ率が高いために圧力センサの感度を高めることができる。さらに、抵抗温度係数が小さいため温度による抵抗値の変化を少なくできるので、温度安定性を向上させることもできる。

【0056】また、本発明にあっては、ピエゾ抵抗をイオン注入法によりダイアフラムに埋め込んだ後、その周囲の領域をH<sub>2</sub>F水溶液またはパッパフ酸中で多孔質シリコン化し、さらに、多孔質シリコン化された領域の内周縁を電解エッチングすることによってダイアフラムを作成することができる。したがって、従来例のエレクトロケミカルエッチングに比べてダイアフラムを薄く作成することができ、簡単に、小型で機械的信頼性が高い半導体圧力センサを製造することができる。

【0057】また、多孔質シリコン化された領域を熱酸化することによって酸化膜を形成し、ピエゾ抵抗とシリコン基板とを誘電分離することもできる。従って、ピエゾ抵抗とシリコン基板とが酸化膜により誘電分離され、高温(約150℃以上)でもピエゾ抵抗とシリコン基板との間にリーク電流が流れることがなく、高温環境下での使用が可能になる。

【0058】しかも、ピエゾ抵抗をダイアフラムに埋め込んでいるので、従来の圧力センサのように2枚のシリコン基板を必要とせず、1枚のシリコン基板から作製することができるので、コストも安価にすることができる。

【0059】また、ダイアフラムを一定の電位に保つことにより、安定したピエゾ抵抗の抵抗値が得られ、圧力センサの検出誤差を小さくすることができる。

【0060】さらに、ピエゾ抵抗を設ける領域のダイアフラムの厚さを他の領域のダイアフラムの厚さよりも薄くすれば、小さな圧力でも大きなダイアフラムの変位を生じることになり、さらに圧力センサの感度を向上させることができる。

【0061】また、温度補償用手段あるいはオフセット調整手段を抵抗値検出回路に有しているため、温度変化による検出誤差を小さくすることができ、抵抗値検出回路のオフセット値を調整することができる。

【0062】また、シリコン基板にダイアフラムの変位を制限するためのストッパを設けておけば、過大な圧力が導入された場合でもダイアフラムの破損を防ぐことができる。

【0063】さらに、ダイアフラム上にセルフチェック機能のためのヒータを備えておくこと、圧力センサの異常



(8)

特開平7-115209

13

14

を容易に発見することができ、センサの信頼性を高めることができる。例えば、ヒータを1又は2以上の円環状に配置することとしてもよい。

【0064】また、シリコン基板の下面に圧力導入口を設けることにより、機械的信頼性が高く、高感度で温度安定性に優れた差圧式の超小型の圧力センサを提供することができる。

【0065】本発明の触覚センサは、本発明の半導体圧力センサを2次元的に配列されているので、機械的信頼性が高く、高感度で温度特性の優れた小型の触覚センサを低コストで提供することができる。また、構成単位の圧力センサが非常に小さいので、触覚センサの解像度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である半導体圧力センサを示す断面図である。

【図2】(a)～(k)は同上の半導体圧力センサの製造方法を示す断面図である。

【図3】Si基板が多孔質化又は電解エッチングされるHF水溶液のHF濃度及び電流密度の条件を表わす図である。

【図4】(a) (b)は、Si基板が多孔質化され、電解エッチングされる状態を示す説明図である。

【図5】(a)～(k)は本発明の半導体圧力センサの別な製造方法を示す断面図である。

【図6】本発明の別な実施例である半導体圧力センサを示す断面図である。

【図7】本発明の別な実施例である半導体圧力センサを示す一部破断した断面図である。

【図8】本発明のさらに別な実施例である半導体圧力センサを示す断面図である。

センサを示す断面図である。

【図9】本発明のさらに別な実施例である半導体圧力センサを示す断面図である。

【図10】本発明の半導体圧力センサのビエゾ抵抗の抵抗値検出回路を示す等価回路図である。

【図11】本発明のさらに別な実施例である半導体圧力センサを示す一部破断した平面図である。

【図12】本発明のさらに別な実施例である半導体圧力センサを示す一部破断した平面図である。

【図13】(a)は本発明の一実施例である触覚センサを示す平面図、(b)はその断面図である。

【図14】(a)は従来例である圧力センサを示す一部破断した平面図、(b)はその断面図、(c)はその一部拡大した断面図である。

【図15】(a)は別な従来例である圧力センサを示す平面図、(b)はその断面図である。

【図16】さらに別な従来例である圧力センサを示す断面図である。

【符号の説明】

2 ダイアフラム

3 圧力室

4 誘電分離層

5 ビエゾ抵抗

6、9 パッシベーション膜

10 差圧導入口

15 ストップ

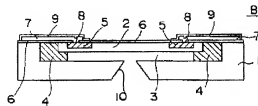
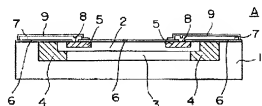
18 ヒータ

30 多孔質Si領域

35 弾性膜

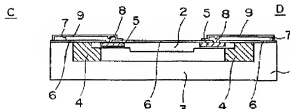
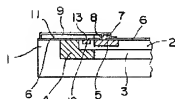
【図1】

【図6】



【図7】

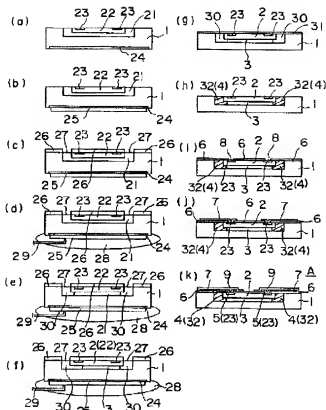
【図8】



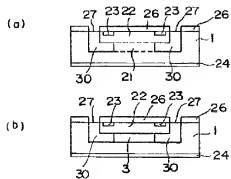
(9)

特開平7-115209

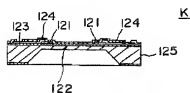
【図2】



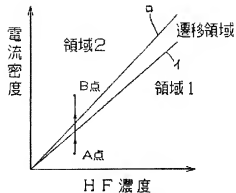
【図4】



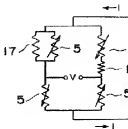
【図16】



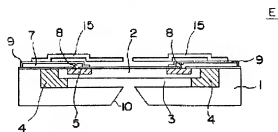
【図3】



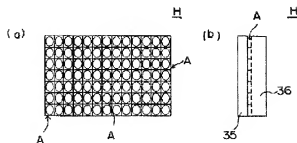
【図10】



【図9】



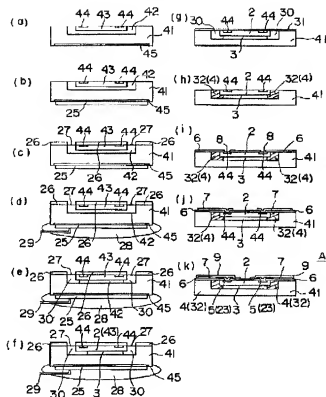
【図13】



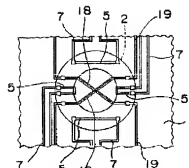
(10)

特開平7-115209

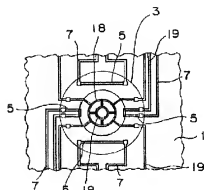
【例 5】



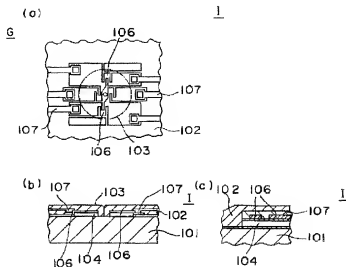
【例 1-1】



【圖 1 2】



【图 1-4】



(11)

特開平 7-115209

【図 15】

